

Aus der gynäkologisch-geburtshilflichen Abteilung des Spitals Interlaken
(Chefarzt Dr. G. Rieben)

**Verhalten und Beeinflussbarkeit der Schmerzschwelle,
unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse
unter der Geburt**

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

ALFRED ABBÜHL
von Lauterbrunnen (Bern)

VERLAG P. G. KELLER - WINTERTHUR 1958

Aus der gynäkologisch-geburtshilflichen Abteilung des Spitals Interlaken
(Chefarzt Dr. G. Rieben)

**Verhalten und Beeinflussbarkeit der Schmerzschwelle,
unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse
unter der Geburt**

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von
ALFRED ABBÜHL
von Lauterbrunnen (Bern)



VERLAG P. G. KELLER - WINTERTHUR 1958

Von der medizinischen Fakultät genehmigt auf Antrag von
Professor Th. Koller.

Tag der Promotion: 28. November 1957

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Meinem hochverehrten Chef Herrn Dr. G. Rieben, Chefarzt der gyn.
Abt. Spital Interlaken, danke ich herzlich für die wertvollen An-
regungen und die wohlwollende Unterstützung meiner Arbeit.

Wäre jeder Mensch genau gleich beschaffen, so müsste — *ceteris paribus* — jeder Schmerzreiz unabänderlich erstens gleichartigen Schmerz und zweitens identische Schmerzreaktion auslösen. Was wir aber täglich erleben, beweist das Gegenteil. So wird der postoperative Schmerz nach genau gleich verlaufender Laparotomie von einem Patienten als gering, vom andern als kolossal empfunden. In noch vermehrtem Masse gilt dies für den Geburtsschmerz. Kaum eine Kreissende verspürt und erduldet den Schmerz einer Wehe gleich wie die andere. Es fällt, gerade auch unter der Geburt, immer wieder das so verschiedenartige Verhalten der Schmerzeinwirkung gegenüber auf. Ebenso unberechenbar und different ist das Mass von Schmerzstillung, das wir im Einzelfall durch die verschiedenen Arten der Schmerzbekämpfung erreichen können.

Wir wissen, wie zahlreich die Methoden sind, die zur Bekämpfung des Geburtsschmerzes herangezogen wurden, und jede hat unter Ärzten und Patientinnen begeisterte Anhänger gefunden. Im Prinzip stehen drei Möglichkeiten offen:

1. Schmerzstillung durch Analgetica oder Narkotica (Morphin, Chloroform, Äther, Lachgas, Trilen u. a.) oder regionale Anästhesie.
2. Schmerzbekämpfung auf rein psychologischer Grundlage.
3. Kombination mehrerer Verfahren.

Es ist offensichtlich, dass die Bemühungen um die Schmerzbekämpfung unter der Geburt in unserem Jahrhundert vorerst zu wenig auf die psychologische Seite und allzusehr auf Pharmaka gerichtet waren. Eine Zeitlang ging die amerikanische Schule mit technisch raffinierten Methoden der Leitungsanästhesie in Führung. Diese allein ermöglichen es uns, den Geburtsschmerz tatsächlich vollkommen zu eliminieren. Dadurch werden die Frauen aber um einen grossen Teil des Geburtserlebnisses betrogen. Die Psychiater haben sich bis jetzt noch nicht eindeutig darüber ausgesprochen, was dies bedeutet. Die Technik der Regionalanästhesie ist delikat und — in nicht sehr erfahrenen Händen — mit nicht unwesentlichen Gefahren verbunden.

Auch deswegen ist es begrüssenswert, dass die Versuche, den Schmerz von der psychologischen Seite her zu erfassen und zu bekämpfen, mehr und mehr Interesse und mehr und mehr Anhänger gefunden haben. Unsere Medizin war und ist auch heute noch im wesentlichen eine experimentelle und stützt sich allzuoft auf die Ergebnisse des Tierexperimentes, welches auf psychologische Fragestellungen nur selten eine zuverlässige Antwort zu geben vermag. Beobachtungen von *Charcot* (9), *Schultz* (44), *Read* (42),

Beecher (2), *Martini* (37), *Lasagna* (33), *Jelinek* (28), *Grünthal* (19) und anderen lassen klar erkennen, das sowohl Schmerzempfindung als auch Schmerzreaktion in erster Linie psychologische Probleme sind, und dass Medikamente, die wir anwenden, nur irgendwo am Rande angreifen. In jedem Falle bewirkt die Verabreichung eines Schmerzmittels einen ganz bedeutenden und meist zu Unrecht missachteten psychologischen Effekt, der seine wahre Wirkung meist stark überschattet. Zu Recht heben deshalb *Strauss* (50), *Schwarz* (45), *Bilz* (3), *v. Weizäcker* (55) u. a. hervor, dass der Schmerz ein ausgesprochen „ganzeinheitliches“, psychosomatisches Phänomen darstelle.

Bemühungen, den Schmerz von der psychologischen Seite her zu erfassen, sind älter, als viele unter uns vermuten. So wurden im Jahre 1829 von *Cloquet* (11) und 1859 von *Broca* (5) Operationen in Hypnose erfolgreich durchgeführt. Ähnlich wirken auch die Entspannungsübungen von *Schultz* (44), die mit der Relaxation der Willkürmotorik auch den mit dieser besonders eng verknüpften Affektonus senken, schmerzstillend.

Während vieler Jahre spielte die Suggestion in der Schmerzbekämpfung eine grosse Rolle. Sie erwies sich, wie *J. H. Schultz* (44) in seinem Buch „Das autogene Training“ berichtet, auch in der Geburtshilfe als wirksam. *Liébeaut* (34) gelang es im Jahre 1880, *Dumontpallier* (13) im Jahre 1886, Frauen in Hypnose ohne oder fast ohne Schmerzen zu entbinden.

Dass die Bekämpfung des Wehenschmerzes von der psychologischen Seite her heute erneut im Zentrum des Blickfeldes steht, haben wir vor allem den unermüdlichen Bemühungen von *D. G. Read* (42), aber auch russischen Geburtshelfern zu verdanken. (39, 41, 57.) Die *Read'sche* These, dass unter der Geburt Angst zu Spannung und Spannung zu Schmerz führe, ist heute kaum mehr bestritten. Andererseits ist es eine Tatsache, dass das Verfahren von *Read* (42) unter der Geburt nur selten eine Schmerzstillung gibt, die alle Wünsche der Kreissenden und des Geburtshelfers zufriedenstellen kann.

Von grossem aktuellen Interesse wäre es, zu entscheiden, was die sogenannte Psycho-prophylaxe zu leisten vermag. Diese Methode, die vieles mit dem *Read'schen* Verfahren gemeinsam hat, bringt neben verstärkter Verbalsuggestion zusätzlich eine spezielle Atemtechnik in Anwendung. Nach der Meinung zahlreicher russischer [*Welwowski* (57), *Nikolajew* (39), *Platonov* (41)] und französischer [*Lamaze* (32), *Vellay* (32)] Autoren werden gerade durch die gelenkte Atmung im Cortex sogenannte „Aktivitätszentren“ aufgezogen, die um sich herum zur Bildung von Hemmungszonen führen. In diesen gehen die zentripetalen Schmerzimpulse in grösserem

und kleinerem Masse verloren. Diese Auffassung, die vorderhand als Arbeitshypothese gelten kann, kann ihrem Wesen nach im Tierexperiment wohl kaum erhärtet werden. Der Schmerz, als psychophysisches Problem, lässt sich nur schwer in experimentelle Fesseln schlagen. Ergebnisse des Tierversuches dürfen in diesem Zusammenhang nicht auf den Menschen übertragen werden. Vielen klinischen Geburtshelfern widerstrebt es, eine Methode der Schmerzbekämpfung zu übernehmen, deren Wirksamkeit nicht irgendwie durch experimentell erhaltene Zahlen fundiert ist. Solche Unterlagen sind nicht leicht zu beschaffen. Es dürfte in der Medizin nichts geben, das dermassen subjektiven Täuschungen von seiten des Patienten oder des Arztes unterworfen ist, wie eine Methode zur Schmerzlinderung.

Noch ist es heute nicht möglich, sich an Hand von Literaturangaben ein vergleichendes Bild über die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Möglichkeiten der Schmerzstillung zu machen, hat doch ein jeder mit „seiner“ Methode immer die besten Resultate. Eine weitere Tatsache ist es, dass die Ergebnisse irgendeines Verfahrens beim „Erfinder“ meist besser sind als beim Nachprüfer.

Das Bedürfnis, den Schmerz in irgendeiner Weise objektiv zu erfassen, ist sicher allgemein. Im besonderen empfindet es der Geburtshelfer, dem die Linderung des Schmerzes am Herzen liegt. Die Experimentalmedizin ist seit Jahrzehnten um die Lösung dieses Problems bemüht.

Vorerst wandte man sich der Schmerzschwelle zu. Die ersten systematischen Versuche, diese experimentell zu erfassen, verdanken wir *v. Frey* (53) und seiner Schule.

Dabei wurden zur Schmerzstimulation Haare von verschiedener Länge und verschiedenem Durchmesser ($\pm 0,05$ bis $0,2$ mm) benützt. Der minimale Druck, bei dem sich das Haar bog, wurde mit einer Waage gemessen und in Korrelation zur Länge und zum Durchmesser gesetzt. An seinem Ende wurde das Haar mit einer spitzen Borste armiert. Von 250 Fällen reagierten 57 % bei einem Druck von $0,5$ mg mit Schmerz, bei 16 % fehlte eine Schmerz sensation, 6,4 % spürten bloss die Berührung und bei 20 % war diese mit Schmerz kombiniert. *Von Frey* (53) gelang der Nachweis, dass die Schmerzschwelle, hervorgerufen durch das Reizhaar, tiefer liegt als die Berührungsschwelle. Er fand die nach ihm benannten Schmerzpunkte, die über die ganze Körperoberfläche in verschiedener Dichte verstreut sind. Sie reagieren auf identische Stimuli mit identischer Schmerzqualität und Intensität.

Die *v. Frey'sche* Methode eignet sich auch zur Bestimmung der Schmerzschwelle, gibt aber von Individuum zu Individuum stark differente Ergeb-

nisse [Seevers und Pfeiffer (46)]. Ähnliche Untersuchungen mit verbesserter Technik verdanken wir Bishop (4), Kellgren (30), Gluzek (17) u. a. Grünthal (19) modifizierte die v. Frey'sche Methode, indem er die Reizhaare durch feine Nadeln ersetzte, auf welche abgestufte Gewichte direkt aufgelegt werden können. Er applizierte jeweils 40 Reize mit verschiedenen Gewichten. Die Prozentzahl der registrierten Reize wird als Kurve in Abhängigkeit von der Zeit gezeichnet. Grünthal (19) testete auf diese Weise zahlreiche Schmerzmittel; unter anderem Morphin, welches zu einer Dissoziation der verschiedenen Sinnesqualitäten führt. Der Temperatursinn bleibt im wesentlichen unbeeinflusst, der Schmerz- und Drucksinn werden dagegen stark abgestumpft. Die Empfindlichkeit und Reaktionsweise auf Alkaloide zeigt starke individuelle Schwankungen.

Helmholtz (54) führte 1851 den elektrischen Strom als Schmerzstimulus ein, eine Methode, die von Martin und Mitarbeitern (36) 1908 wieder aufgegriffen wurde. Als Elektrode dienten zwei mit Kochsalz gefüllte Glasrohre, in welche je ein Finger eingetaucht wurde. Das System wurde nun unter zunehmende Spannung gebracht. Beim Eintritt von Schmerz sensation hatten die Versuchspersonen mit der anderen Hand ein Zeichen zu geben. Macht und Macht (35) wandten die skizzierte Versuchsanordnung auch zum Studium der Wirkung von Analgetica an. Die Schmerzschwelle erwies sich dabei als sehr wenig konstant und lag zwischen 100 und 445 Volts. Als Reizquelle diente auch hier der faradische Strom. Weitere, ähnliche Experimente unternahmen Weitz (56), Burill, Goetzel und Ivy (6). Neuerdings benutzten Hawk und Neuert (25) auch Hochfrequenzströme.

Die thermale Methode zur experimentellen Schmerzerzeugung gehört zu den ältesten. Sie wurde 1884 von Goldscheider (18) erstmals herangezogen. Er verwendete dabei warmes Wasser. Einen wesentlichen Fortschritt realisierte 1897 Alrutz (1), indem er als Schmerznoxe für die Haut die strahlende Wärme gebrauchte. Dadurch konnte der Wärmesinn isoliert, d. h. unabhängig von Berührung und Druck geprüft werden. Sonne (1922) (47) und vor ihm schon v. Frey arbeiteten mit Sonnenstrahlen. Stone und Dallenbach (49) benutzten erstmals diesen durch den elektrischen Strom aufheizbaren Apparat zur Schmerzerzeugung. Oppel und Hardy (40) verbesserten 1936 die Apparatur und waren dadurch in der Lage, quantitative Messungen des Temperatursinnes und der Schmerzschwelle vorzunehmen. Methode und Apparatur wurden 1940 erstmals publiziert (23).

Die Verwendung von Strahlen zur experimentellen Schmerzerzeugung hat so viele Vorteile, dass wir uns für unsere Versuche schlussendlich nur mehr dieser Methode bedienen:

1. Der nötige Apparat ist konstruktiv relativ einfach und leicht zu bedienen;

2. die zur Einwirkung gelangende Strahlenmenge lässt sich physikalisch genau definieren, und zwar in Milligramm-Kalorien pro cm^2 in der Sekunde ($\text{mc}/\text{cm}^2/\text{sec}$);

3. der Stimulus kann häufig und in rascher Folge wiederholt werden, ohne dass die herangezogene Haut geschädigt wird;

4. die Expositionszeit kann nach Belieben variiert werden;

5. die Intensität der ausstrahlenden Energie lässt sich nach Wunsch steigern, wobei verschiedene Schmerzqualitäten ausgelöst werden können: prikkelnder, brennender, schmerzender und vernichtender (ceiling) Schmerz (22).

Die Apparatur, die wir für unsere Versuche benötigen, liessen wir durch die Firma Purtschert in Luzern anfertigen (Abb. 1). Sie entspricht in ihren

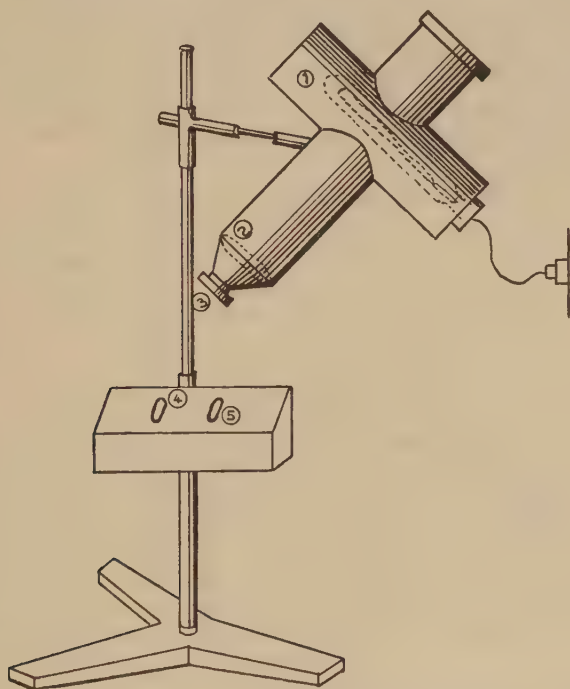


Abbildung 1

Dolorimeter, wie es für unsere Versuche gebraucht wurde. 1 = 1000-Watt-Lampe.

2 = Konvexlinse. 3 = Austrittsöffnung des Strahlenbündels. 4 = Rheostat.

5 = Zeitschalter

Grundzügen dem sog. Dolorimeter, wie es von *Wolff, Hardy* und *Goodell* (23) an der Cornell University in New York angegeben wurde. Das eidgenössische Amt für Mass und Gewicht in Bern hat den Apparat später freundlicherweise geeicht.

Beschreibung der Apparatur

Auf ein Stativ wird ein ofenrohrähnliches Gebilde, welches eine 1000-Watt-Birne enthält, möglichst beweglich aufgebaut. Zwischen Birne und Austrittsöffnung ist eine Konvexlinse geschaltet, welche das Strahlenbündel direkt vor die Austrittsöffnung fokussiert. Die Intensität der Ausstrahlung kann mit Hilfe eines Rheostaten beliebig reguliert werden. Er besitzt die Stufen 0 bis 10. Bei 0 tritt am wenigsten, bei 10 am meisten strahlende Energie aus. Der Energieaustritt aus der Öffnung steigt mit zunehmender Stufe (d. h. abnehmendem Widerstand) praktisch linear an (Abb. 2) und kann in Milligramm-Kalorien pro cm^2 in der Sekunde gemessen werden. Daneben ist eine automatische Zeitschaltung angebracht.

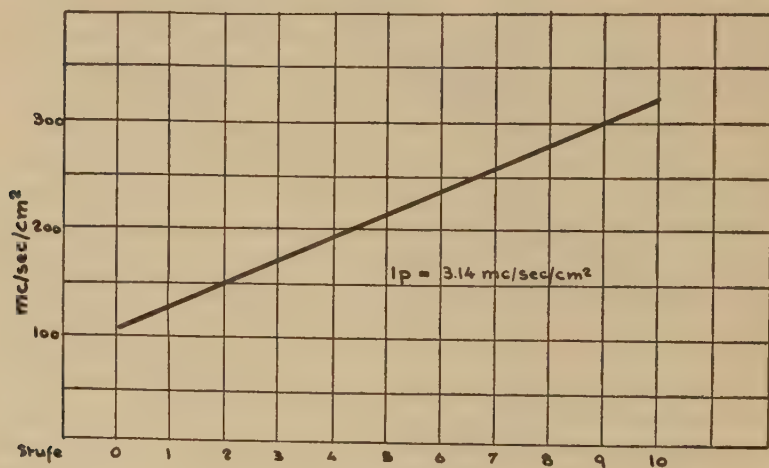


Abbildung 2

Energieaustritt bei verschiedenen Widerstandsstufen. Auf der Abszisse sind die Stufen des Widerstandes eingetragen, auf der Ordinate der entsprechende Energieaustritt pro cm^2 in der Sekunde, gemessen am Galvanometer (Messungen durch das eidg. Amt für Mass und Gewicht in Bern)

Bei unseren Versuchen dauerte die Exposition durchwegs 3 Sekunden. Diese Zeitspanne eignet sich für Reihenuntersuchungen und gibt konstante Resultate. Bei kürzeren Impulsen wird die Schmerzschwelle weniger eindeutig erkannt, während längere Exposition einerseits zu lokaler Überhitzung der Haut führt, anderseits zu Superposition der einzelnen Reize. Die kurze Zeitspanne von 3 Sekunden ergibt hingegen nur eine relativ geringe und flüchtige Erhitzung der Haut. Auch wird der Metalltubus kaum heiss, so dass seine diesbezügliche Einwirkung auf die Haut nur gering ist und vernachlässigt werden kann. *Hardy* und Mitarbeiter (22) pflegen die Haut, auf welche das Strahlenbündel gerichtet wird, zu schwärzen. Bei unseren Versuchen haben wir nur ausnahmsweise die geschwärzte Haut getestet. Zahlreiche Kontrollen haben ergeben, dass die Schmerzschwelle bei geschwärzter Haut im Durchschnitt um 1,5 Widerstandsstufen tiefer liegt als für die naturfarbige Haut. Die entsprechenden Durchschnittswerte von *Hardy*, *Wolff* und *Goodell* (22) lauten auf 232, bzw. 427 mc/cm²/sec. Die Austrittsöffnung des Strahlenbündels aus dem Tubus weist eine Fläche von 3 cm² auf. Diese Fläche hat sich aus vielen Versuchen heraus als besonders günstig erwiesen. Da die Erhitzung der Haut das Auftreten von Schmerzen bedingt, ist es wichtig, die Zahl der Reize pro Minute bzw. die Intervalle zwischen den einzelnen Expositionen möglichst konstant zu halten. Die Schmerzschwelle wird im allgemeinen erreicht, wenn die Hauttemperatur auf etwa 44 Grad ansteigt.

Eigene Versuche

Unsere Untersuchungen, die sich über einen Zeitraum von 15 Monaten verteilen, erfolgten an 60 Frauen im Alter von 18—35 Jahren. Meist handelte es sich um Spitalangestellte, gynäkologische Patienten, ferner viele Schwangere und Kreissende. Die Versuchspersonen wurden genau instruiert, dass sie im Verlaufe der Testung prickelnden Schmerz wahrnehmen würden, dessen Auftreten sofort bekannt zu geben sei. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle testeten wir die *vola manus*, seltener das *dorsum*, die Innenfläche des Vorderarmes oder die Stirne.

Nach einer grossen Zahl von Vorversuchen, die sich über mehrere Monate hinzogen, legten wir einen unabänderlich-schematischen Untersuchungs-gang fest, auf dem alle im folgenden zitierten Resultate fussen. Jedes Abweichen von diesem Plan führt zu ausfahrenden Ergebnissen.

Im einzelnen gingen wir wie folgt vor: Der Prüfling wird in einem ruhigen Zimmer auf einen Untersuchungstisch gelegt. Die Zimmertemperatur schwankt um 18 Grad. Derjenige Arm, dessen vola manus untersucht werden soll, wird leicht abduziert und in Supinationsstellung gebracht. Das dorsum manus ruht auf einer weichen Unterlage. Jetzt wird der Tubus, dessen Austrittsöffnung durch eine ringförmige, dünne Filzunterlage abgepolstert ist, unter Vermeidung von Druck auf die vola gebracht. Die Versuchsperson ist darüber aufgeklärt, dass in einem gewissen Augenblick

NAME: M.P.											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
re	-	-	-	+	+						
li	-	-		+	+						
re	-	-	+	+							
li	-	-	-	-	+	+					
DAT.: 12.11.55					ORT: vola manus					3	

re	-	-	-	+	+						
li	-	-	+	+							
re	-	-	-	+	+						
li	-	-	-	+	+						
DAT: 12.12.55					ORT: vola manus					3.25	

re	-	-	+	+							
li	-	-	+	+							
re	-	-	-	+	+						
li	-	-	-	-	+	+					
DAT: 12.1.56					ORT: vola manus					2.75	

re	-	-	-	+	+						
li	-	-	-	-	+	+					
re	-	-	-	-	+	+					
li	-	-	-	+	+						
DAT.: 12.2.56					ORT: vola manus					3.5	

Abbildung 3

Protokollblatt (Schema) für die Schmerzschwellenbestimmung. Die Quadrate der Ordinate entsprechen den Stufen des Rheostaten. Die Negativzeichen bedeuten keine Wirkung, die Positivzeichen hingegen Schmerzperzeption. Damit ist die Schmerzschwelle erreicht. Die Zahl re. unten, ausserhalb des grossen Rechtecks, entspricht dem arith. Mittel aus je 4 Versuchen

an der Teststelle ein prickelnder Schmerz auftreten werde, der durch ein Zeichen mit der anderen Hand dem Untersucher sofort bekannt zu geben sei. In jedem Falle beginnen wir mit der Stufe 0 und steigern Stufe um Stufe bis zur Erreichung der Schmerzschwelle. Die Expositionszeit beträgt durchwegs 3 Sekunden. Im allgemeinen liegt die Schmerzschwelle zwischen Stufe 2—4. Anschliessend wird genau gleich auch die andere Handfläche getestet. In den meisten Fällen wird anschliessend der ganze Versuch wiederholt, um ein möglichst genaues arithmetisches Mittel zu erhalten.

Die Ergebnisse werden fortlaufend in das in Abbildung 3 dargestellte Schema eingezeichnet. Dieses Blatt erlaubt uns jeweils, gleich die arithmetischen Mittel in Form einer einfachen Zahl aus den Prüfungsergebnissen herauszuziehen und gibt uns dadurch die Möglichkeit, sofort Vergleiche zu ziehen. Die Leerschmerzschwelle wurde bei 60 Personen insgesamt in 180 Einzelversuchen bestimmt. Sie schwankt für die vola manus generell zwischen Stufe 2 und 5 und liegt im Durchschnitt bei 3,5.

Den 6 Versuchspersonen wurde die Leerschmerzschwelle in 20 Vollversuchen im Verlaufe mehrerer Wochen immer und immer wieder ermittelt (Abb. 4).

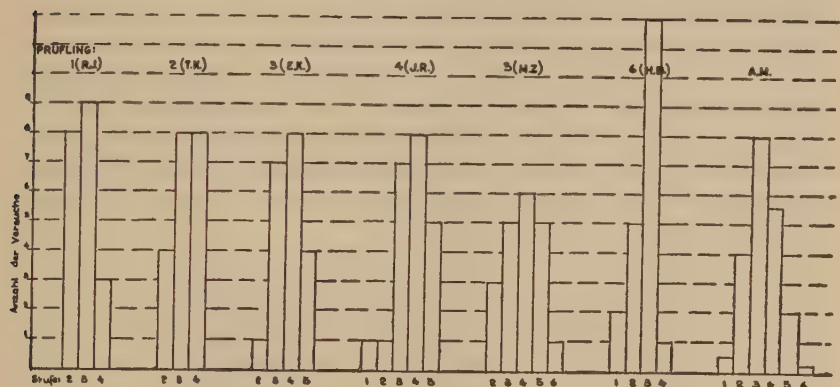


Abbildung 4

Leer-Schmerzschwelle von 6 Versuchspersonen (1—6) bei wiederholter Prüfung im Verlaufe von Wochen; A.M.: arithmetisches Mittel aus 120 Schmerzschwellenbestimmungen

Verschiedene Testpersonen wurden auch mehrmals am gleichen Tage untersucht. Dabei fanden wir keine signifikante Abhängigkeit weder von

der Tageszeit, noch von Gefühlsemotionen oder dem mensuellen Zyklus. Wir sind damit nicht in der Lage, die Ergebnisse von *Martin* (36), der einen Schmerzschwellentiefpunkt am Morgen (10—11 Uhr) und einen Höhepunkt am Nachmittag (16—17 Uhr) feststellte, zu bestätigen.

Auf der Abszisse ist jeweils die unterste Stufe eingetragen, bei der eben „prickling pain“ auftrat, auf der Ordinate die Anzahl der Versuche. Beim Prüfling R. J. findet man die Schmerzschwelle neunmal bei Stufe 3, achtmal bei Stufe 2, dreimal bei Stufe 4. In der letzten Kolonne sind die Ergebnisse auf den arithmetischen Durchschnitt berechnet. Die Schmerzschwelle liegt vorwiegend bei Stufe 3, 4 und 2; in Prozenten ausgedrückt: in fast 50 % bei Stufe 3 und in je 25 % bei Stufe 2 und Stufe 4.

Nachdem wir in einer grossen Zahl von Versuchen das Verhalten der Schmerzschwelle für eine Reihe von Prüflingen studiert hatten, gingen wir dazu über, den Einfluss von einigen Analgeticis und anderen schmerzstillenden Verfahren auf die Schmerzschwelle zu studieren.

Einer kleinen Zahl von 5 Versuchspersonen verabfolgten wir im einfachen Blindversuch abwechselnd Dolantin 1—2 cm³ i. m. in der Dosierung von 50—100 mg oder Kochsalz subkutan (Abb. 5). Diese Versuchreihe konnten wir wegen der häufig auftretenden Morphinnausea nicht nach Wunsch vergrössern. Es handelte sich dabei um 5 junge Frauen, deren Leerschmerzschwelle in sehr zahlreichen Vorversuchen genau ermittelt worden war (Abb. 5, A). Die Bestimmung wurde eine Stunde nach der Kochsalzinjektion wiederholt (Abb. 5, B). Nach der i. m. Injektion von Dolantin verfahren wir ebenso (Abb. 5, C). Das arithmetische Mittel der Schmerzschwelle der Prüflinge betrug im Leerversuch 3,3. Nach Kochsalzinjektion sank die Schmerzschwelle leicht auf 3,0, während sie durch Dolantin praktisch unverändert blieb.

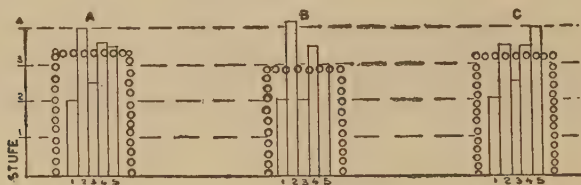


Abbildung 5

Verhalten der Schmerzschwelle bei 5 Versuchspersonen (1—5, Ordinate): A Leerschmerzschwelle. B Schmerzschwelle eine Stunde nach NaCl, cm³ subcutan. C Schmerzschwelle eine Stunde nach 50—100 mg Dolantin i. m. Die Abszisse stellt die Schmerzschwelle dar, bzw. die entsprechenden Widerstandsstufen. Die grossen gekreiselten Rechtecke entsprechen dem arithmetischen Mittel der fünf Prüflinge

In diesem Zusammenhang verweisen wir auf die Untersuchungen von *Javert* und *Hardy* (27), welche 1951 nachwiesen, dass ein an und für sich wirksames Analgeticum durchaus nicht unbedingt eine Erhöhung der Schmerzschwelle bewirken muss. So liessen sich durch Dolantin bei 80 untrainierten Studenten keineswegs eine Erhöhung der Schmerzschwelle erzeugen, während bei wohltrainierten Prüflingen die Schmerzschwelle durchschnittlich um 15 % anstieg. Wurde an Stelle von Dolantin ein Placebo gespitzt, so stieg die Schwelle um 8—10 % an. Einen überzeugenden klinischen Hinweis darauf, dass suggestive Einwirkungen in Schmerzfragen eine grosse Rolle spielen, verdanken wir einer Mitteilung von *Beecher* (2). Er konnte nachweisen, dass bei 20—35 % aller Patienten, welche wegen schwereren Kriegsverletzungen operiert worden waren, eine subkutane Kochsalzinjektion allein schon vollkommene Schmerzlinderung herbeiführte.

Ein gegensätzliches Verhalten der Schmerzschwelle nach Analgetica beobachtete 1951 *Gaensler* (16), ferner 1953 *Denean, Wand* und *Gowdey* (12). Der erstere fand zwei Stunden nach Salicylsäuregabe eine Erhöhung der Schmerzschwelle um 20 %, nach Codein bis 32 %, nach Placebos bis 3 %. Die zweite Untersuchungsgruppe kam auf eine Erhöhung von 56 % nach Morphin und 12 % nach Codein. Aspirin bewirkte keine Erhöhung.

Der Wunsch, ein möglichst objektives Urteil über die quantitative Schmerzstillung eines Verfahrens zu gewinnen, machte sich uns bemerkbar, als vor etwa vier Jahren im Gebärsaal Trilen in Konkurrenz mit Lachgas trat. Ganz besonders akut wurde die Frage, als wir ferner begannen, die hechelnde Atmung, wie sie der sogenannten psycho-prophylaktischen Geburtsleitung zugrunde liegt, bei unseren Kreissenden in Anwendung zu bringen.

Wir selbst orientierten uns über das Wesen und die Praxis der psycho-prophylaktischen Geburtsleitung in erster Linie an Hand der Arbeiten von *Lamaze* und seinen Mitarbeitern, die in der Monographie „l'accouchement sans douleur“ im wesentlichen zusammengefasst sind (32). Eine etwas umfassendere Literaturzusammenstellung findet sich am Buche von *Vermorel* (52), der allerdings über keine persönlichen Erfahrungen zu verfügen scheint. Die hechelnde Atmung ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Methode, die im Jahre 1951 durch *Lamaze* von Russland nach Paris verpflanzt wurde und sich seither besonders in den romanischen Sprachgebieten mit grosser Schnelligkeit verbreitet hat. Die hechelnde Atmung ist im wesentlichen eine Flankenatmung und ähnelt derjenigen eines Jagdhundes. Dabei entsteht im Kehlkopf ein Geräusch, wie es beim Durchsägen eines

Holzstückes hervorgerufen wird. Die Erkenntnis, dass eine bewusste, tiefe Atmung schmerzstillend wirkt, ist in keiner Weise neu. Die Tatsache ist wohl seit Generationen den Ärzten und insbesondere den Kinderärzten bekannt. Unsere Erfahrungen lassen es als sicher erscheinen, dass die schmerzstillende Wirkung des Hechelns derjenigen der bewusst gelenkten, tiefen Atmung wesentlich überlegen ist. Es ist schwer zu verstehen, warum diese längst bekannte Wirkung bis heute im Gebärsaal kaum Eingang gefunden hat.

Unser Dolorimeter gibt uns ohne weiteres die Möglichkeit, das Verhalten der Schmerzschwelle bei normalen Versuchspersonen und Kreissenden genau zu bestimmen, die unter Einfluss gasförmiger Narcotica stehen. Diese werden aus einem Narkoseapparat eingeatmet.

In dieser Reihe wurden Lachgas, Trilen und die hechelnde Atmung geprüft. Da in all diesen Versuchen suggestive Momente stark hineinspielen, wurde zwischendurch aus dem Narkoseapparat auch nur reiner Sauerstoff gegeben. Wir wissen, dass Sauerstoff an sich gar keine analgetische Wirkung hat, ausgenommen dann, wenn dieser Schmerz auf Ischämie beruht, wie z. B. bei der Claudicatio intermittens. Wichtig ist, dass der Geprüfte über das angewandte Mittel stets im unklaren gelassen wird (einfacher Blindversuch).

Versuchsanordnung

Nach Möglichkeit arbeiten wir in dieser Reihe mit Versuchspersonen, die mit der Methodik schon von früher her vertraut waren. Zu Beginn ermittelten wir erneut die Leerschmerzschwellen der rechten und linken vola manus und berechneten daraus das arithmetische Mittel. Hierauf wurde dem Prüfling die Narkosemaske aufgesetzt und während einer Dauer von 30 Sekunden eine etwas vertiefte Atmung von 14—16 Atemzügen in der Minute befohlen. Stets wurde er darüber im unklaren gelassen, was für ein Gas oder Gasgemisch im Augenblick zur Anwendung kam. In der Regel verabfolgten wir als erstes ein Lachgas-Sauerstoffgemisch (40 % Lachgas in 60 % Sauerstoff). Nach 30 Sekunden begannen wir mit der Testung. Während des ganzen Versuches liessen wir in gleicher Weise weiteratmen. Die Schmerzschwelle wurde nun rechts und links gleich bestimmt wie im Leerversuch. Die meisten Versuchspersonen zeigten am Ende des Lachgasversuches in der Regel eine deutliche Narkosewirkung, welche in allen Fällen nach spätestens 5 Minuten wieder abklang.

In genau gleicher Versuchsanordnung wurde als nächstes reiner Sauerstoff gegeben, die Schmerzschwelle rechts und links geprüft und die arithmetischen Mittel aus den gefundenen Werten gezogen.

Anschliessend liessen wir die Patienten bei konstanter Zimmertemperatur während einer halben Minute aus dem Freedmann-Inhalor Trilen atmen. Die zeitlichen Verhältnisse wurden genau gleich gehalten, ebenso erfolgten die Bestimmungen in gleicher Weise rechts und links. Wiederum berechneten wir die arithmetischen Mittel. In dieser Versuchsreihe ermittelten wir zuletzt das Verhalten der Schmerzschwelle bei Anwendung der hechelnden Atmung. Vorerst hatten die zu untersuchenden Patienten während 30 Sekunden in einer Frequenz von 14—16 Atemzügen pro Minute bewusst tief ein- und auszuatmen. Darauf erhielten sie das Zeichen zum Hecheln, und zwar im vorgeschriebenen Tempo von ungefähr 100 oberflächlichen Atemzügen pro Minute. Da die Versuchsdauer pro Hand stets unter 30 Sekunden lag, konnten alle Personen ohne jede Mühe den Versuch durchhalten.

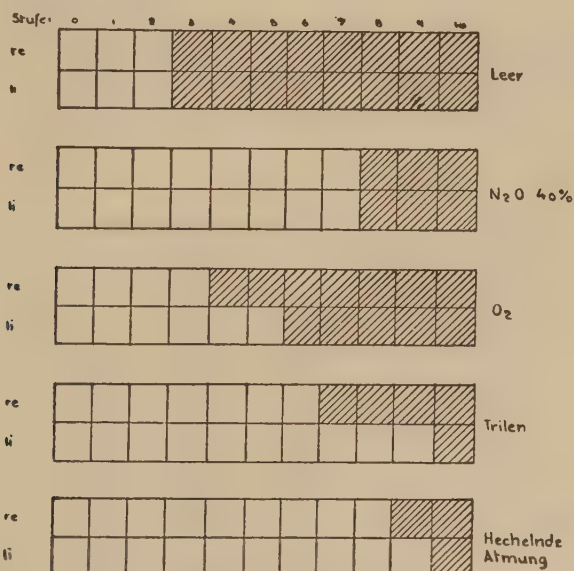


Abbildung 6

Verhalten der Schmerzschwelle bei Prüfling H. B., geb. 1933, getestet auf der vola manus re. und li., im Leerversuch, nach Verabfolgung von Lachgas, Sauerstoff, Trilen, hechelnder Atmung. Die Schraffierung der Quadrate besagt, dass die Schmerzschwelle erreicht ist

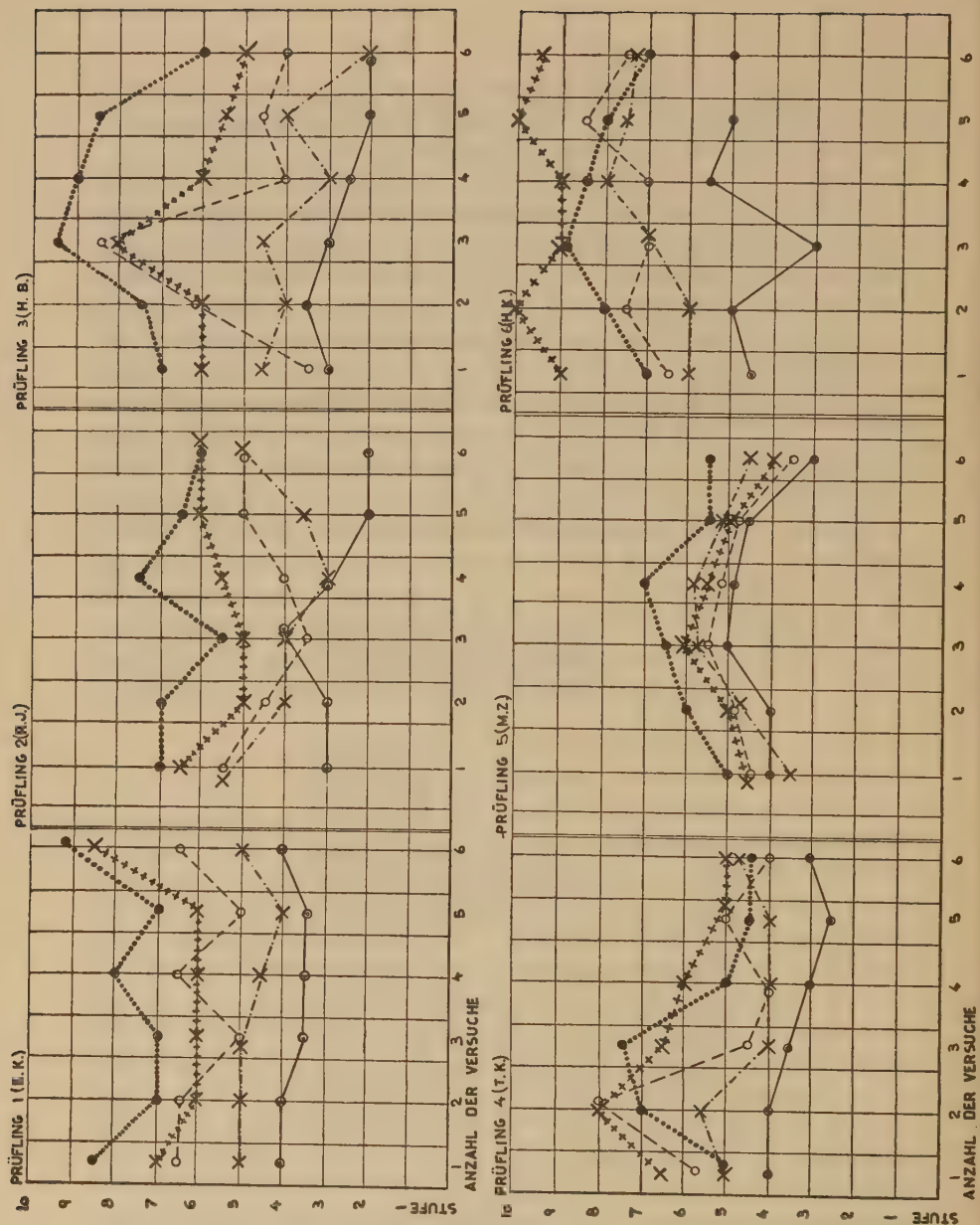


Abbildung 7

Veränderung der Schmerzschwelle (vola manus) bei 6 Versuchspersonen (1—6) unter Einwirkung von: hechelnder Atmung ●....●, Lachgas ×....×, Trilen ○—○, Sauerstoff ×.—.—.×, Leerschmerzschwelle ○——○ bei 6maliger Wiederholung der Versuche im Verlaufe von Monaten. Auf der Abszisse die Schmerzschwelle, auf der Ordinate die Versuchswiederholung 1—6

In Abbildung 6 ist ein vollständiges Versuchsprotokoll eines Prüflings dargestellt. Dabei wurde vorerst wieder die Leerschmerzschwelle bestimmt, anschliessend deren Veränderung unter Einfluss von Lachgas, Sauerstoff, Trilen und der hechelnden Atmung. Wir verfügen über zirka 100 solcher Dokumente, die meist recht homogen verlaufen und nur ausnahmsweise Schwankungen von einiger Bedeutung aufweisen. Wir erkennen aus dem obersten Doppelrechteck des Diagramms (Abb.6), dass die Schmerzschwelle für die linke und rechte Hand bei Stufe 3 des Widerstandes liegt. Durch Lachgas wird die Schwelle sehr wesentlich erhöht. Bei der Sauerstoffatmung aus dem Narkoseapparat ist die Wirkung viel weniger ausgeprägt. Eine dem Lachgas ähnliche Wirkung auf die Schmerzschwelle erzielten wir mit Trilen. Die hechelnde Atmung übertrifft jedoch alle andern Verfahren eindeutig, wie aus dem letzten Doppelrechteck ersichtlich ist.

Um Zufallresultate nach Möglichkeit auszuschliessen, haben wir das Verhalten der Schmerzschwelle bei 6 eingeübten Versuchspersonen im Verlaufe mehrerer Monate in der genau gleichen Versuchsanordnung je sechsmal wieder bestimmt (Abb. 7).

Aus den Kurven geht eine relative Konstanz der Resultate hervor. Bei 4 von 6 Probanden erzielte man mit der hechelnden Atmung die eindeutig stärkste Hebung der Schmerzschwelle. Nur in einem Fall erwies sich Lach-

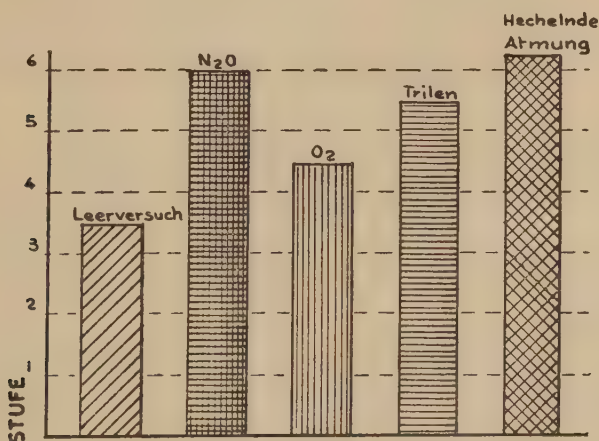


Abbildung 8

Arithmetisches Mittel der Schmerzschwellen aus 100 Protokollen (Leerversuch, Lachgas, Sauerstoff, Trilen, hechelnde Atmung). Die Abszisse entspricht der Schmerzschwelle

gas dem Hecheln überlegen, während sich beim Prüfling T. K. hechelnde Atmung und Lachgas als etwa gleich potent erwiesen.

Um der Interpretation der Ergebnisse vermehrte Sicherheit zu geben, zogen wir alle Resultate der Lachgas-, Sauerstoff-, Trilen- und hechelnden Atmungsserie zusammen und errechneten die arithmetischen Mittel (Abb. 8).

Wir erkennen daraus, dass die Schmerzschwelle, dem Leerversuch gegenüber, durch alle Verfahren wesentlich erhöht wurde. Trilen und Lachgas sind sich ungefähr ebenbürtig, während die hechelnde Atmung eindeutig die stärkste Hebung der Schmerzschwelle zu erzielen vermag.

Die in Abbildung 8 dargestellten Werte lassen sich auch in Prozenten ausdrücken, wobei die Leerschmerzschwelle, die ja durchschnittlich bei Stufe 3,5 liegt, mit 0 % einzusetzen ist (Abb. 9).

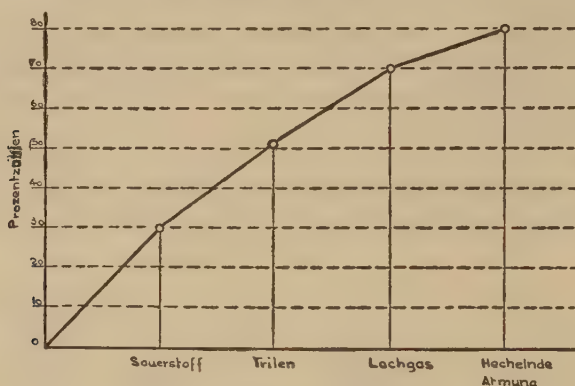


Abbildung 9

Prozentuale Darstellung der Erhöhung der Schmerzschwelle. Abszisse Erhöhung in Prozenten (Leerschmerzschwelle 0 %). Auf der Ordinate die verschiedenen Verfahren

Wir errechneten dabei eine Erhöhung der Schmerzschwelle um 30 % für Sauerstoff, um 52 % für Trilen, um 70 % für Lachgas und um 80 % für die hechelnde Atmung.

In einer geringen Zahl von Versuchen konnten wir feststellen, dass sich die Schmerzschwelle im Verlaufe der Schwangerschaft nicht veränderte und bis und mit Geburtsbeginn gleich blieb.

Im weitem stellte ich uns die Aufgabe, das Verhalten der Schmerzschwelle unter der Geburt zu objektivieren. Wir testeten sowohl (nach der Psychoprophylaxe) vorbereitete als auch unvorbereitete Frauen, Primi- und Multiparae, Patienten der Privat- und der allgemeinen Abteilung.

Wir erkennen, dass sich die Leerschmerzschwelle unter der Geburt leicht ansteigend verhält und im Wochenbett eher absinkt. In der Wehe steigt die Leerschmerzschwelle durchwegs etwas an. *Hardy* und *Javert* (21) beobachteten bei zunehmender Eröffnung des Muttermundes nicht selten ein stärkeres Schwanken der Schmerzschwelle nach unten oder nach oben. Sehr überzeugend ist der Einfluss des Hechelns, indem wir dadurch sowohl in der Wehe als auch in der Wehenpause eine bis 100%ige Erhöhung der Schmerzschwelle erzielen können.

Diskussion der Ergebnisse

Unsere Untersuchungen lassen klar erkennen, dass wir mit dem Dolorimeter in der Lage sind, die Schmerzschwellen einzelner Individuen auf einfache Weise in kurzer Zeit zu bestimmen und diese Bestimmung je nach Bedarf zu wiederholen.

Im allgemeinen erweist sich die Schmerzschwelle auf der gesunden Haut als relativ konstant. Bei übermäßigem Schwitzen liegt sie hoch, bei entzündlichen Reizungen der betreffenden Hautstelle finden wir sie — wie zu erwarten ist — niedriger. Emotionelle Einflüsse, wie sie z. B. unter der Geburt vorliegen, scheinen einen nur geringen Einfluss auszuüben. Dagegen steigt sie in der Wehe etwas an. *Hardy* und Mitarbeiter (23) hatten zeigen können, dass beim Ertönen eines lauten Schreies die Schmerzschwelle bis zu 32 % ansteigen kann. Ein analoger Anstieg kann durch gleichzeitige Auslösung eines zweiten Schmerzes an einer anderen Stelle des Körpers erfolgen. Diese Beobachtung gibt denjenigen Zahnpatienten recht, die sich beim Einsetzen des Bohrschmerzes in die Haut ihrer eigenen Oberschenkel knifen.

Der Einfluss von Analgetica auf die Schmerzschwelle ist relativ gering. Ihre Wirkung beruht nicht auf einer Erhöhung der Schmerzschwelle; der Angriffspunkt liegt anderswo, nämlich zentral. *Buytendijk* (7) sieht die Wirkung der schmerzstillenden Mittel in einer Verhinderung einer Entzweiung von Ich und Leib, was zu einer vollständigen Muskelentspannung führt, zu einer Art Gefühlslosigkeit; nach *Hardy* (20) führen sie zu einer Aufhebung der „usual withdrawal fight-flight-anxiety reaction pattern“, zu einer Dissoziation von Schmerzempfindung und Schmerzreaktion.

Einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Schmerzschwelle üben dagegen Lachgas, Trilen und die hechelnde Atmung aus, wobei der Angriffspunkt a priori zentral zu vermuten ist. Wir haben denn auch fest-

stellen können, dass gerade diejenigen Frauen, deren Schmerzschwelle durch die hechelnde Atmung besonders stark hat in die Höhe getrieben werden können, im allgemeinen auch relativ schmerzarm geboren haben.

Nie dürfen wir uns jedoch der Illusion hingeben, dass der relative Stand der Schmerzschwelle identisch ist mit dem Mass des Schmerzes, welches ein bestimmter unveränderter Stimulus auszulösen vermag.

Eine weitere Inkonstante ist zu berücksichtigen: die Schmerzreaktion oder Schmerzverarbeitung, wie sich *Held* (26) ausdrückt. Diese Faktoren wurden in unseren Untersuchungen nicht berücksichtigt. Beide sind einerseits verankert in der Persönlichkeit des Individuums, anderseits hängen sie von zahlreichen exogenen Faktoren ab, z. B. von der Erziehung, dem Milieu und vielen anderen.

Die Schmerzschwelle definieren wir durch eine Zahl, welche in $\text{milli-calorien/cm}^2\text{sec.} = \text{mc/cm}^2\text{/sec.}$ ausgedrückt werden kann, wobei der durchschnittliche Wert nach *Hardy* und Mitarbeitern (22) bei etwa $220 \text{ mc/cm}^2\text{/sec.}$ liegt. *Chapman* und *Jones* (8) fanden Werte um 305, *Schilling* und *Musser* (43) von 348, *Clausen* und *King* (10) liegen mit $182 \text{ mc/cm}^2\text{/sec.}$ am tiefsten. Die Differenzen zwischen den tiefsten und höchsten Werten betragen, je nach Untersuchergruppe, ± 9 bis $\pm 45 \text{ mc/cm}^2\text{/sec.}$ Die Abweichungen werden um so kleiner, je besser die Versuchspersonen trainiert sind.

Hardy, *Wolff* und *Goodell* (22) haben ermittelt, dass die Schmerzschwelle der verschiedenen Körperregionen, geprüft mit dem auch von uns verwendeten Dolorimeter, recht ungleich ist. Sie schwankt zwischen extremen Werten von 160 (unterer Rücken) und 390 (Ferse) $\text{mc/cm}^2\text{/sec.}$ Für die *volamans* beträgt sie 220 ± 34 , am Vorderarm 210 ± 32 und an der Stirne $235 \pm 27 \text{ mc/cm}^2\text{/sec.}$ Die ausstrahlende Energie bewirkt eine Erwärmung der betreffenden Hautstelle. Es zeigt sich nun, dass im allgemeinen eine Erwärmung der Haut auf etwa 45 Grad ebengerade zur Auslösung des prickelnden Schmerzgefühles notwendig ist. Das Minimum liegt bei 42,2 Grad für die Haut der unteren Rückenpartien, das Maximum bei 53,7 Grad für die Ferse. In der *volamans* tritt Schmerz bei 45,1, am Vorderarm bei 44 und an der Stirne bei 45,7 Grad auf. Die Abweichungen liegen bei ± 1 —2 Grad. Im allgemeinen kann man sagen, dass diejenigen Hautpartien, die eine relativ tiefe Temperaturschmerzschwelle haben, im Experiment zur Erreichung dieser Schmerzschwelle auch weniger Energie benötigen.

Die Schmerzschwelle, d. h. der kleinste eben wahrnehmbare Schmerz wird von *Wolff*, *Hardy* und *Goodell* (22) als 1 Dol bezeichnet. Durch Erhöhung der Kalorienzahl pro cm^2 in der Sekunde kann dieser Wert ge-

steigert werden. Es hat sich gezeigt, dass mit dem Dolorimeter eine bestimmte Zahl von verschiedenen starken Schmerzimpulsen verabfolgt werden kann, die vom Individuum eben noch differenziert werden können. Wenn 1 Dol den geringstmöglichen Schmerz oder die Schmerzeinheit bedeutet, so liegt die höchstmögliche, als solche eben noch unterscheidbare Schmerznoxe, bei $10^{1/2}$ Dol. Es ist den zitierten Autoren nämlich gelungen, mit dem Dolorimeter 21 quantitativ abgestufte Noxen zu verabfolgen, die für diese Individuen eben gerade noch quantitativ unterscheidbar waren. Diese quantitative Unterscheidbarkeit ist natürlich nicht bei jedem Menschen zu gleicher Feinheit entwickelt und für die Praxis wurde deshalb eine Skala postuliert, die von 1— $10^{1/2}$ Dols geht, d. h. es wird nur gerade jede 2. Stufe berücksichtigt. Nach dieser Skala bedeutet $10^{1/2}$ Dol den stärkstmöglichen Schmerz, 1 Dol den geringsten. Zur Auslösung eines Schmerzes von $10^{1/2}$ Dol dürften im allgemeinen 480 mc/cm²/sec. notwendig sein.

Die Anzahl Dol, wie wir sie mit dem Dolorimeter setzen können, mit der Intensität eines körpereigenen Schmerzes zu vergleichen, ist ein durchaus arbiträres Unterfangen, auch deswegen, weil ein stunden- oder tagelang andauernder Schmerz eines erkrankten Organs an die psychische Widerstandskraft des Patienten ganz andere, d. h. enorm viel höhere Anforderungen stellt als der kurze, nur 3 Sekunden einwirkende, an sich gleich starke Schmerz aus dem Dolorimeter. *Hardy* und *Javert* (21) haben es trotzdem gewagt, diesen Weg zu beschreiten und bemühten sich, auch den Geburtsschmerz nach diesen vergleichenden Gesichtspunkten auszuwerten. Die diesbezüglichen Zahlen lauten für das erste Viertel der Eröffnungsperiode auf ein bis zwei Dol, das zweite 3—5 Dol, das dritte 5—7 Dol und das letzte Viertel 7—10 Dol. In der Austreibungsperiode stiegen die Werte sogar auf $10^{1/2}$ Dol an, d. h. hier trat der stärkste Schmerz in Erscheinung, der dem absoluten Maximum der Dolskala entspricht. Es besteht eine enge Wechselbeziehung zwischen der Intensität des Schmerzes und der Pause zwischen den einzelnen Kontraktionen: am Anfang der Eröffnungsperiode kurze „weiche“ Wehen von mässig dumpfem Schmerzcharakter. Je weiter die Dilatation fortschreitet, desto stärker, aber auch um so schmerzhafter sind die Kontraktionen. Ihr Schmerzmaximum erreicht die Geburt gegen das Ende der Austreibung. Die Untersuchungen von *Hardy* und *Javert* (21) lassen erkennen, dass die Dolwerte und der Anstieg des Gebärmutterinnendruckes in der Eröffnungsperiode (nach der Methode von *Murphy* in Millimetern gemessen) gleichsinnig verlaufen.

Jeder Arzt weiss aus seinen täglichen Beobachtungen heraus, dass ein quantitativ und qualitativ identischer Schmerzstimulus, wie wir ihn doch

nolens volens bei genau gleichartiger Erkrankung stipulieren müssen, keineswegs bei allen Individuen als gleich heftig empfunden wird. Im besonderen Masse werden wir uns dessen im Gebärsaal bewusst. Dies zwingt uns, eine individuell verschiedene Schmerzempfindungsschwelle als bestehend zu erachten. Eine weitere inkonstante Grösse ist — wie bereits erwähnt wurde — die Schmerzreaktion. Sie und auch die Schmerzempfindung sind nicht nur von Mensch zu Mensch verschieden, sondern sie sind abhängig von der Zeit, dem Milieu und von der momentanen Gemütslage. Die Existenz eines eigentlichen Schmerzzentrums im Gehirn ist dann auch nie mit Sicherheit nachgewiesen worden. Die Auffassung geht heute eher dahin, dass die Hirnrinde, als Sitz des Intellekts, des Gemüts und des Charakters in ihrer Ganzheit an der Schmerzrealisierung und der Schmerzreaktion beteiligt ist.

ZUSAMMENFASSUNG

Zweck der vorliegenden Untersuchungen war es, die Schmerzschwellen und bis zu einem gewissen Grad auch die Schmerzintensität normaler Versuchspersonen und kreissender Frauen zu erfassen. Wir bedienten uns dabei des von *Hardy, Wolff* und *Goodell* angegebenen Dolorimeters. Mit diesem Apparat sind wir in der Lage, die Schmerzschwelle zahlenmässig zu bestimmen, welche allerdings über die Intensität des durch eine definierte, gleichbleibende Noxe gesetzten Schmerzes nur bedingt Aufschluss gibt. Als dritter Faktor — neben Schmerzschwelle und Schmerzintensität — kommt die Schmerzreaktion hinzu. In unsern Untersuchungen wird diese nicht berücksichtigt.

Das Dolorimeter lässt uns auf einfache Art und Weise die Schmerzschwelle immer und immer wieder genau feststellen, wobei die applizierte Schmerznoxe physikalisch genau gemessen werden kann. Sie wird in Milli-Calorien pro cm² in der Sekunde definiert. Die von 1—10 ansteigenden Stufen des Dolorimeters ergeben einen linearen Anstieg der aufgestrahlten Energie.

Die so geprüfte Schmerzschwelle eines einzelnen Individuums zeigt nur eine mässige Konstanz, auch wenn zur Untersuchung stets die gleiche Hautstelle herangezogen wird. Grössere Sicherheit erhalten wir durch vielfache Wiederholung der Versuche, wobei aus den einzelnen Resultaten mit Vorteil das arithmetische Mittel zu ziehen ist. Dadurch erhalten wir gut vergleichbare Resultate.

Die Schmerzschwelle liegt in den Versuchsreihen durchschnittlich zwischen Stufe 3 und 4 des Dolorimeters. Mit Dolantin i. m. wurde sie nicht signifikant verändert, was uns beweist, dass die schmerzstillende Wirkung von Morphinen und ihren Abkömmlingen nicht auf einer Erhöhung der Schmerzschwelle beruht, sondern einem anderen Wirkungsmechanismus folgt.

Die Grosszahl unserer Untersuchungen bezieht sich auf das Verhalten der Schmerzschwelle bei Anwendung von Lachgas, Sauerstoff, Trilen und der hechelnden Atmung, wie sie in der sogenannten psycho-prophylaktisch geleiteten Geburt zur Anwendung kommt. In Abbildung 7 ist das Ergebnis von 180 solchen Versuchen dargestellt. Es ergibt sich daraus, dass bei 4 von 6 gesunden Versuchspersonen die hechelnde Atmung *allein* weitaus die stärkste Hebung der Schmerzschwelle bewirkt. Eine Zusammenfassung

von 500 Einzelversuchen (Abb. 8) lässt erkennen, dass die Schmerzschwelle durch die hechelnde Atmung von 3,5 (Leerversuch) durchschnittlich auf 6,3 gehoben wird, mit 40 % Lachgas-Sauerstoffgemisch steigt sie auf 5,9 und mit Trilen (aus dem Freedmann-Inhalor) auf 5,3 an. In Prozenten ausgedrückt erhöht sich die Schmerzschwelle bei der hechelnden Atmung um 80 %, bei Anwendung von Lachgas um 70 % und bei Trilen um 52 %.

Im Verlaufe der Geburt steigt die Schmerzschwelle (in der Wehenpause gemessen) im Verlaufe der Eröffnungsperiode auf Stufe 4,2 leicht an (Abb. 10); im Wochenbett fällt sie auf etwa 2,5 ab. In der Wehe der Eröffnungsperiode erhöht sich die Schmerzschwelle physiologischerweise um etwa eine halbe Stufe. Die hechelnde Atmung bewirkt gegen das Ende der Eröffnungsperiode einen besonders starken Anstieg, nämlich auf etwa 7,5 ausserhalb und auf 8,5 während der Wehe.

Das Wesen der durch die hechelnde Atmung erzielten Schmerzstillung dürfte somit auf einer Erhöhung der Schmerzschwelle beruhen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Alrutz S., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 66).
2. Beecher H. K., zit. aus Spectrum (48, pg. 1).
3. Bilz, zit. nach Sutermeister Hs. (51, pg. 2).
4. Bishop G. H., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 64).
5. Broca, zit. nach Sutermeister Hs. (51, pg. 16).
6. Burill D. Y., Goetzel F. R., Jvy A. C., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 63).
7. Buytendijk F. J. J., Über den Schmerz, Psyche IX, 436, 1955/56.
8. Chapman W. P., Jones G. M., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 89).
9. Charcot J. M., Neue Vorlesungen über die Krankheiten des Nervensystems, insbesondere über Hysterie. Deutsche Ausgabe von Sigm. Freud, Toeplitz und Deutriche, Leipzig und Wien 1886.
10. Clausen J., King H. E., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 89).
11. Clouquet, zit. nach Sutermeister Hs. (51, pg. 28).
12. Denean, Wand, Gowdey, A method for the determination of the effects of drugs on the pain threshold of human subjects. Lanadian Journal of Medical Sciences 31, 387, 1953.
13. Dumontpallier, zit. nach Vermorel H. (52, pg. 152).
14. Fleckenstein A., Die periphere Schmerzauslösung und Schmerzausschaltung. Eine pharmakologische Analyse der Kausalmechanismen. D. Steinkopf Verlag Frankfurt/Main 1950.
15. Frey E., Klinisch-experimentelles zur Frage der Lokalisation der Gefühle. Schweiz. Arch. f. Neurologie und Psychiatrie. 54, 407, 1944.
16. Gaensler E. A., Quantitative determination of the visceral pain threshold in man. J. clin. invest. 30, 406, 1951.
17. Gluzek L. J. B., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 57).
18. Goldscheider A., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 65).
19. Grünthal E., Untersuchungen über Gewöhnung und Entziehungserscheinungen bei Morphin und deren Derivaten sowie über die Beeinflussung des Schmerzsinnes durch das vegetative Nervensystem. Mschr. f. Psychiatr. und Neurol. 1946.
20. Hardy J. D., zit. nach Buytendijk (7, pg. 437).
21. Hardy J. D., Javert G. T., Studies on pain: Measurement of pain intensity in childbirth. J. Clin. Invest. 28, 153, 1949.
22. Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H., Pain Sensations and Reactions. The Williams & Wilkins company, Baltimore 1952.
23. Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H., A new method for measuring pain threshold. J. Clin. Inv. 19, 649, 1940.
24. Haugen M. D., Livingston W. K., Portland M. D., Experiences with the Hardy-Wolff-Godell Dolorimeter. Anesthesiology The Journal of the american Society of Anesthesiologists, INC., 2. 1953.

25. Hauk und Neuert, zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (23, pg. 651).
26. Held E., Die Stellung des Geburtsschmerzes im Schmerzsystem. Schweiz. med. Wschr. 227, 1951.
27. Javert G. T., Hardy J. D., Influence of Analgetics on Pain intensity during Labor. Anesthesiology 12, 189, 1951.
28. Jelinek E. M., zit. nach Joves A. (29, pg. 39).
29. Jores A., Magie und Zauber in der modernen Medizin, aus: Von ärztlichem Denken und Handeln. G. Thieme Verlag Stuttgart 37, 1956.
30. Kellgren J. H., McGowan H. J., Wood D. R., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 56).
31. Kellgren J. H., Shields C., Diskussion über den Mechanismus der Schmerz-entstehung und seine Beeinflussung durch physiotherapeutische Massnahmen. Proc. R. Soc. Med. 44, 523, 1951.
32. Lamaze F. & Mitarbeiter. L'accouchement sans douleur. Revue de la nouvelle médecine. Paris 3, 1954.
33. Lasagna L., Mosteller F., Felsing J. M., Beecher H. R., zit. nach Jores A., Amer. J. Med. 16, 770, 1954.
34. Liébeaut A. A., zit. nach Vermorel H. (52, pg. 151).
35. Macht D. J., und Macht M. B., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 62).
36. Martin E. G., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 61).
37. Martini P., zit. nach Jores A. (29, pg. 38).
38. Navratil E., Schmerzbekämpfung in der Geburtshilfe. Wiener klinische Wochenschrift. LXV, 232, 1953.
39. Nikolajew A. P., Die Grundprinzipien und Wege der Schmerzausschaltung bei der Geburt. Aus: Schmerzausschaltung bei der Geburt. VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin 32, 1953.
40. Oppel T. W., Hardy J. D., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 67).
41. Platonov K. J., Die psychoprophylaktische Methode zur Schmerzausschaltung bei der Geburt. Aus: Schmerzausschaltung bei der Geburt. VEB Verlag Volk und Gesundheit. Berlin 42, 1953.
42. Read G. D., Childbirth without fear. Happer & Brothers, New York und London 1944.
43. Schilling R. F., Musser M. J., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 89).
44. Schultz J. H., Das autogene Training (konzentrierte Selbstentspannung). Georg Thieme Verlag Stuttgart 1950.
45. Schwarz, zit. nach Sutermeister Hs. (51, pg. 2).
46. Seevers M. H., Pfeiffer L. G., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 55).
47. Sonne C., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 66).
48. Spectrum, Der Schmerz 4, 1956.
49. Stone L. J., Dallenbach K. M., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 66).
50. Strauss, zit. nach Sutermeister Hs. (51, pg. 2).

51. Sutermeister Hs., Psychosomatik des Schmerzes. (Der heutige Stand des Schmerzproblems.) Separatabdruck aus der „Praxis“. Jahrgang Nr. 41, 32, 681, 1952.
52. Vermorel H., L'accouchement sans Douleur, Camugli, Lyon 1954.
53. Von Frey M., Untersuchungen über die Sinnesfunktionen der menschlichen Haut; Druckempfindungen und Schmerz. Abh. sachs. Ges. d. Wiss. z. Leipzig; math.-phys. K. 23, 169, 1897.
54. Von Helmholtz H., Über die Dauer und den Verlauf der durch Strömungsschwankungen inducisten elektrischen Ströme. Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie 83, 505, 1851.
55. Von Weizäcker, zit. nach Sutermeister Hs. (51, pg. 2).
56. Weitz J., zit. nach Hardy J. D., Wolff H. G., Goodell H. (22, pg. 62).
57. Welwowski J. S., Erfahrungen mit der psychoprophylaktischen Methode zur Schmerzausschaltung bei der Geburt auf der Grundlage der Lehre J. P. Pawlows, aus: Schmerzausschaltung bei der Geburt. VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin 46, 1953.
58. Wolff H. G., Schmerzmechanismen und Kopfschmerz. Triangel II, 2, 1955.
59. Wolff H. G., Hardy J. D., Goodell H., The Nature of Pain. Minnesota medicine 35, 534, 1952.

